
Análise de Ondas

Objetivos

1. Familiarização com estruturas de arquivos de som processados pelo LabVIEW
2. Apresentação de ferramentas de análise temporal de ondas.

Sumário

- 1 Reforçando o conceito de Arquiteturas em LabVIEW: “General Purpose VI”
 - 1.1 Análise do Executável
 - 1.2 Inicialização
 - 1.3 Processamento
 - 1.4 Finalização
- 2 Análise por Inspeção Visual
 - 2.1 Taxa de Amostragem
 - 2.2 Quantização
 - 2.3 Período
 - 2.4 Limitações da Inspeção Visual
- 3 Medições Automatizadas
 - 3.1 Taxa de Amostragem
 - 3.2 Quantização
- 4 Conclusão do Programa
 - 4.1 Exercícios Complementares

1 Reforçando o conceito de Arquiteturas em LabVIEW: “General Purpose VI”

No tutorial passado construímos um VI capaz de simular um circuito RLC por meio de suas fórmulas. Tal construção foi baseada na arquitetura “General Purpose VI”, na qual se divide o problema a ser resolvido em 3 etapas: Inicialização de Parâmetros, Processamento e Simulação, Finalização do Programa. Do mesmo modo como foi realizado no tutorial passado, vamos verificar como é aplicada a mesma metodologia para um problema de simulação e análise de Conversão AD.

O objetivo do tutorial a seguir é explicar as diferentes partes que compõe um processo de aquisição de dados, criar uma intuição sobre os conceitos mais básicos de conversão AD e, por fim, demonstrar como é possível transformar tal intuição matemática em blocos simples de programação em LabVIEW. Apesar de estar presente no VI as etapas de Geração de Sinal, estas não entram no escopo desse tutorial, e são apresentadas como caixas pretas, nas quais iremos apenas indicar quais as entradas e saídas.

1.1 Análise do Executável

Antes de analisar as etapas do VI que correspondem à arquitetura “General Purpose VI”, vamos averiguar quais as funcionalidades presentes no programa. Abra o programa [**tut2_main.vi**] e execute o VI.

Perceba que o VI é dividido em diversas secções. Na esquerda temos dois gráficos, o superior mostra uma visão geral do sinal em questão, enquanto que o gráfico inferior mostra uma visão mais detalhada do sinal.

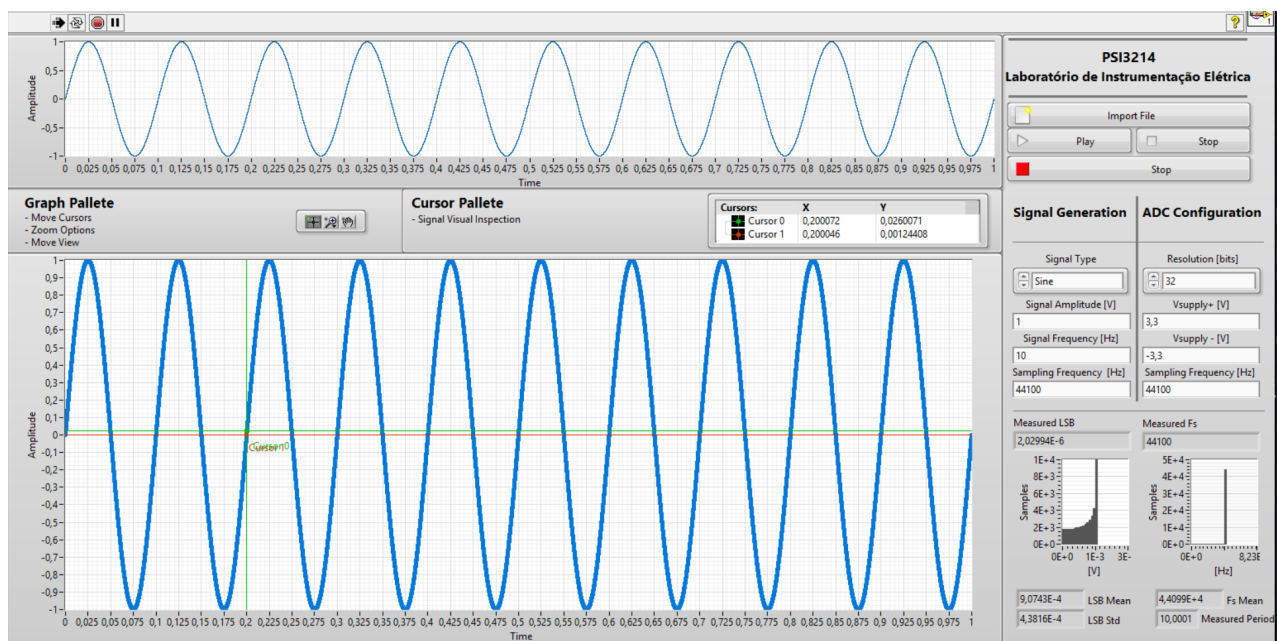


fig. 1.1 -

Projeto de Análise de Ondas I

Do lado direito do programa, temos os controles gerais do VI, nos quais podemos escolher os parâmetros de simulação do gerador de ondas, do conversor AD. Na parte inferior dessa secção podemos visualizar as medições mais pertinentes ao programa, como o LSB e a Taxa de Aquisição de Dados.

Na secção de geração de sinais mude os valores para:

- Signal Type: Sine
- Signal Amplitude: 4 V
- Signal Frequency: 10 Hz
- Sampling Frequency: 44100 Hz

Perceba que conforme os parâmetros são modificados, a forma da onda muda.

Na secção de configuração do ADC mude os valores para:

- Resolution: 6 bits
- $V_{\text{supply}+}$: +3.3 V
- $V_{\text{supply}-}$: -3.3 V
- Sampling Frequency: 44100 Hz

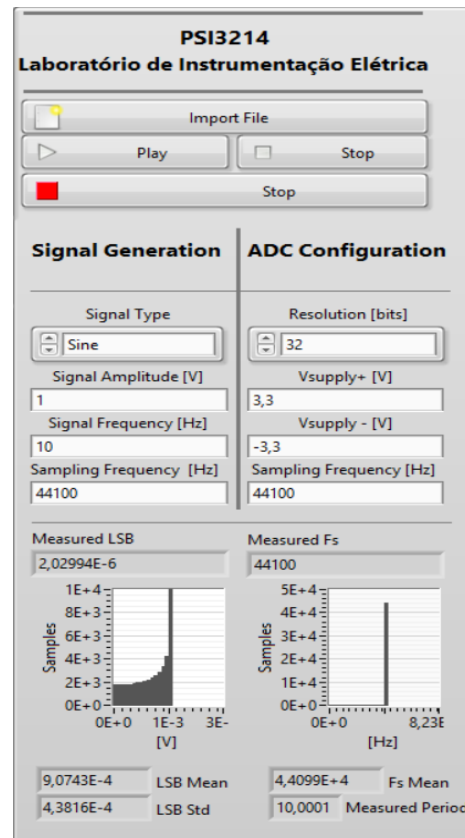


fig. 1.2 -

Conforme os parâmetros acima são modificados, perceba que o gráfico nos mostra duas ondas diferentes. A onda em vermelho corresponde ao sinal adquirido por um ADC ideal, enquanto que a onda azul mostra a simulação de um sinal adquirido por um ADC não ideal.

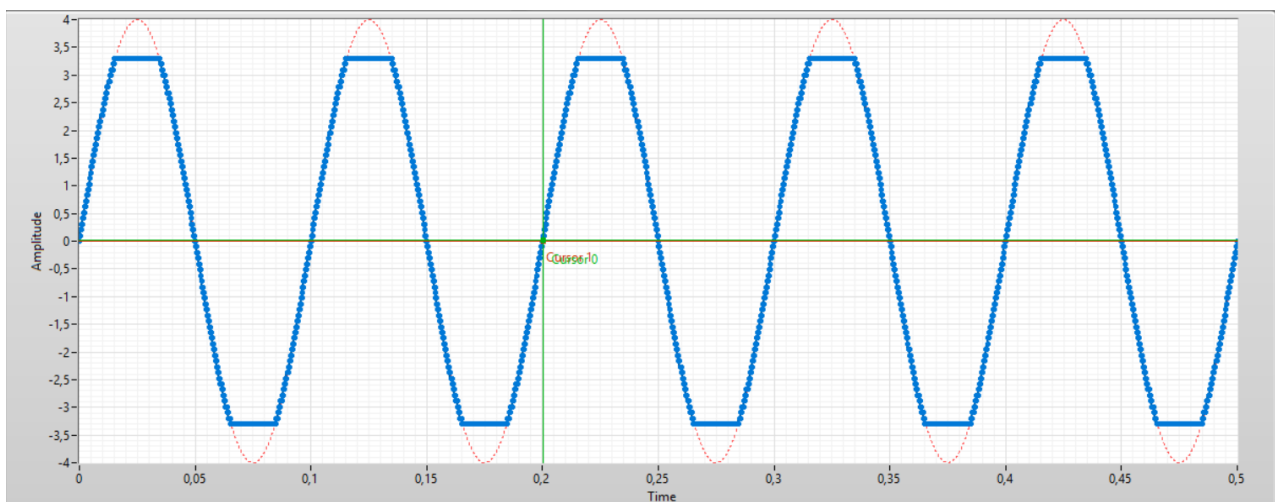


fig. 1.3 -

1.2 Inicialização

Criada uma noção geral das funcionalidades do VI, vamos agora, de maneira breve, explicar as etapas gerais de funcionamento do VI. Na etapa de Inicialização do VI, são realizadas três tarefas:

- Inicialização do Sinal: Criação do sinal inicial que popula o VI quando aberto.
- Configuração do Pannel Frontal: Configura o Pannel frontal para que não mostre as barras de rolagem vertical e horizontal quando o VI estiver sendo executado.
- Inicialização do Dispositivo de Áudio: Configura os drivers de áudio para que as saídas e entradas do computador possam ser utilizadas pelo programa em LabVIEW.

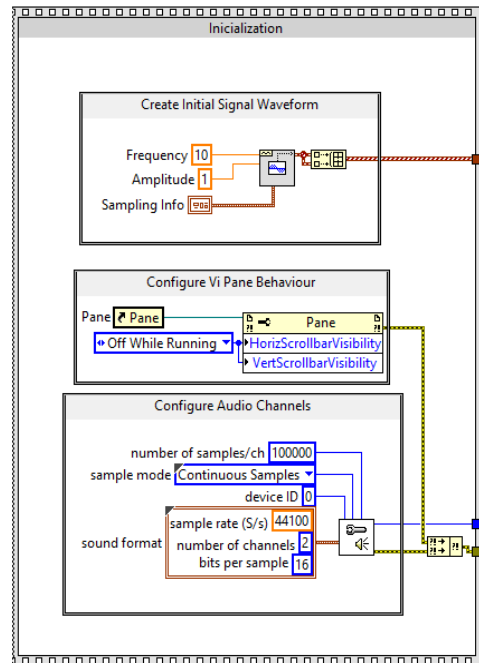


fig. 1.4 -

1.3 Processamento

Assim como um laço principal (“Main”) na linguagem C, nesta etapa são executadas 3 tarefas principais: “Gui Handler”, “Signal Visualization”, “Signal Analysis”, descritas abaixo:

GUI Handler: Processa todas as ações realizadas pelo usuário no VI. Nela, são gerados os sinais que simulam um gerador de funções e um conversor AD, bem como são efetuadas todas as ações para importar arquivos e reproduzir os sinais em análise pelo computador.

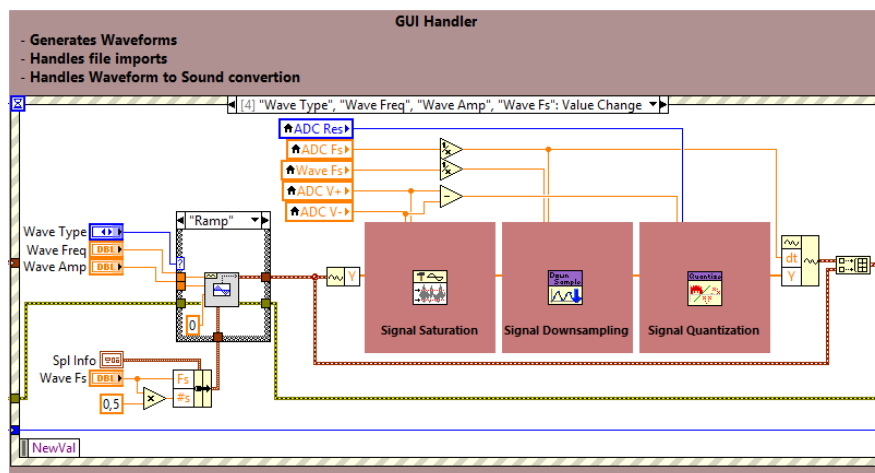


fig. 1.5 -

Signal Visualization: Colhe os sinais gerados pelo usuário e exibe-os no display principal. O gráfico “Signal Preview” mostra uma visão geral do sinal em questão, enquanto que o gráfico “Signal Overview” mostra o gráfico detalhado. Utilizaremos este gráfico para realizar as análises de inspeção visual.

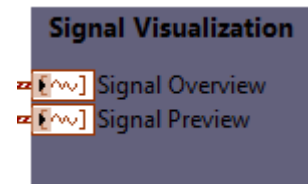


fig. 1.6 -

Signal Measurement & Analysis: Esta tarefa será a qual teremos mais interesse nesse tutorial e será a qual desenvolveremos ao longo deste documento. Nela, os sinais gerados são colhidos e é realizada uma análise a fim de que sejam calculados parâmetros importantes para a caracterização de sinais de um ADC, tais como: período do sinal, taxa de aquisição e LSB.

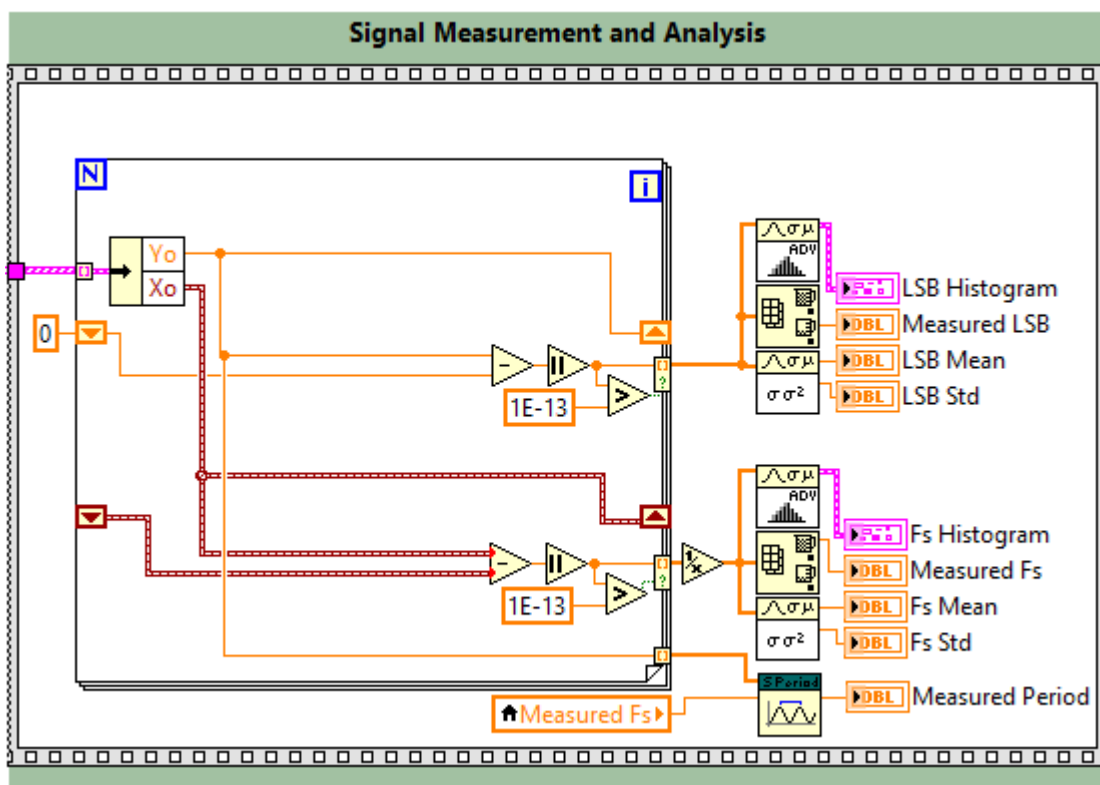


fig. 1.7 -

É importante deixar claro que o intuito deste tutorial é a compreensão dos conceitos que caracterizam o sinal adquirido por um conversor AD, não os métodos numéricos utilizados. Esta discussão será aprofundada quando o projeto da disciplina for realizado.

1.4 Finalização

Por fim, ao final do programa os dispositivos de áudio previamente configurados são fechados e quaisquer erros que ocorram ao longo do VI são exibidos ao usuário.



fig. 1.8 -

2 Análise por Inspeção Visual

Feita uma análise superficial do funcionamento do programa, como discutido previamente será dado um foco para as medições do sinal. Inicialmente realizaremos uma análise por inspeção visual, isto é, utilizaremos ferramentas visuais como cursores e o zoom dos gráficos para que seja criada uma intuição dos conceitos que caracterizam um sinal no tempo. Abra o VI **pr4.vi**, e execute o programa. Mude os controles para que tenhamos a seguinte configuração:

- | | | | |
|-----------------------|----------|--------------------------|----------|
| – Signal Type: | Sine | – Resolution: | 8 bits |
| – Signal Amplitude: | 4 V | – $V_{\text{supply}+}$: | +3.3 V |
| – Signal Frequency: | 10 Hz | – $V_{\text{supply}-}$: | -3.3 V |
| – Sampling Frequency: | 44100 Hz | – Sampling Frequency: | 44100 Hz |

A seguir, use as ferramentas da paleta do gráfico para aplicarmos um zoom no gráfico. Gostaríamos de analisar uma faixa de valores que abranja cerca de 10 pontos adquiridos pelo ADC, como na figura abaixo.

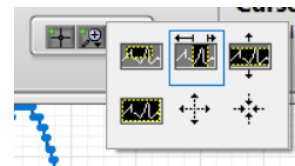


fig. 2.1 -

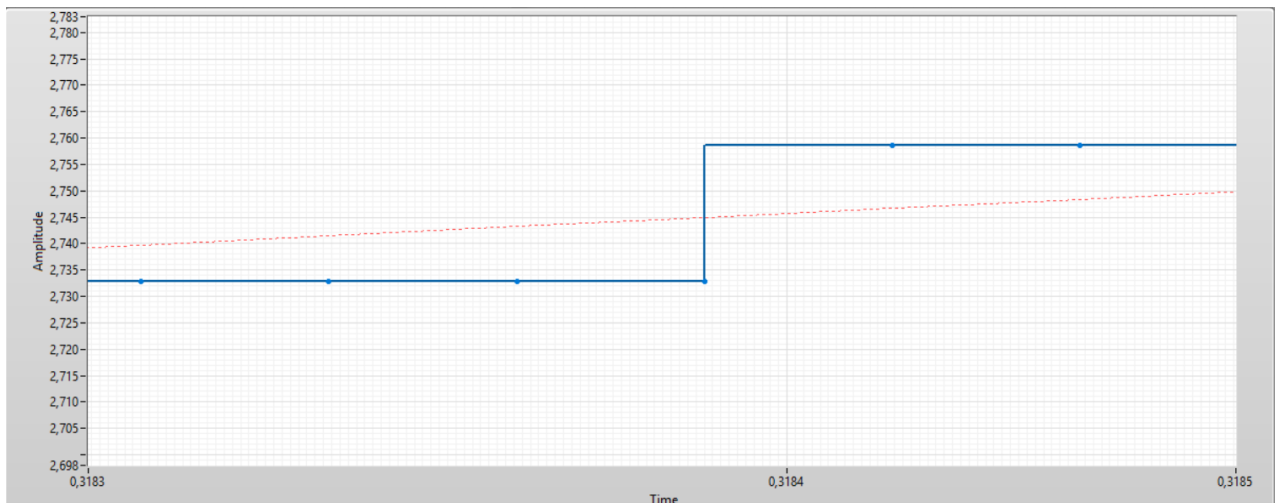


fig. 2.2 -

Para realizarmos medições faremos uso dos cursores. Clique na paleta de cursores em cada um com o botão direito e selecione “Bring to Center” para trazer o cursor até o meio do gráfico.

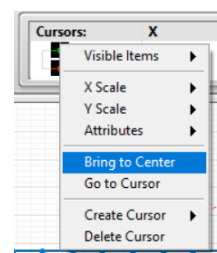


fig. 2.3 -

Em seguida selecione na paleta do gráfico a opção de mover cursor. Clique com o botão esquerdo no centro de cada cursor e arraste-os a duas amostras adjacentes, como abaixo:



fig. 2.4 -

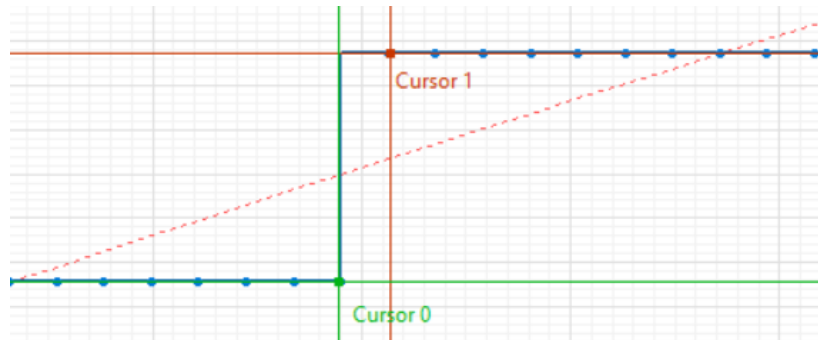


fig. 2.5 -

2.1 Taxa de Amostragem

Feito o posicionamento correto dos cursores, vamos analisar a primeira das características temporais de um sinal, sua taxa de amostragem. Como foi visto em laboratório, um ADC é um circuito integrado cuja função é converter sinais reais analógicos em sinais digitais, que podem ser interpretados por um computador. A taxa de amostragem é a taxa na qual essa conversão é realizada, de modo a que corresponde ao intervalo entre as amostras digitais.

Em nosso programa, as amostras são os pontos localizados na linha azul e a taxa de amostragem é a distância no eixo X entre os pontos. Sendo assim, seu cálculo é realizado simplesmente pela subtração das duas amostras.

No exemplo da figura 1.13 temos os valores de X e Y ao lado. Sua subtração corresponde a um intervalo de tempo de aproximadamente 22.705µs, uma taxa de aquisição de 44.044kHz.

| Cursors: | | |
|----------|--------------|--------------|
| | X | Y |
| Cursor 0 | 0,3183899521 | 2,7330812474 |
| Cursor 1 | 0,3184126566 | 2,7588449705 |

fig. 2.6 -

Quando comparado ao valor selecionado de 44.100kHz, vemos que nossa medida possui um erro de aproximadamente 0.13%, associado majoritariamente à nossa habilidade de posicionar o cursor corretamente na amostra.

Apesar de não ser o caso da simulação que estamos realizando, é importante comentar que quando for realizada a implementação de um sistema de aquisição em um sistema real, como no microcontrolador do projeto da disciplina, haverá erros associados à taxa de amostragem. Tais erros serão discutidos brevemente em tutoriais auxiliares ao projeto.

2.2 Quantização

Outro parâmetro intrínseco a um sinal digital são seus erros de quantização. Apesar dos inúmeros erros relacionados ao processo de quantização de um conversor AD, será apenas tratado o erro relacionado à menor medida quantizável pelo conversor, ou LSB. Esta é uma característica que informa ao projetista qual a sensibilidade do ADC em relação a variações do sinal e **depende apenas de dois fatores**: o fundo de escala e a resolução do ADC, dado pela seguinte equação:

$$LSB[V] = \frac{\text{fundo de escala}}{2^{\text{resolução}}}$$

Por ser uma medida da menor variação de tensão quantizável pelo ADC, nossa análise por inspeção visual se limita a determinar a distância no eixo Y de duas amostras adjacentes. Tomando o exemplo da figura 1.13 e 1.14, temos uma variação de 25.764mV. Segundo a equação acima tem-se que:

$$V_{LSB} = \frac{(V_{+supply} - V_{-supply})}{2^{res}} = \frac{(3.3 - (-3.3))}{2^8} \Rightarrow V_{LSB} = \frac{6.6}{256} \simeq 25.781 \text{ mV}$$

Novamente, apesar de ter sido realizada uma medição visual, o erro foi relativamente baixo, 0.65% e advém majoritariamente da inabilidade de se posicionar o cursor corretamente.

2.3 Período

Por fim, o último aspecto temporal que será tratado neste tutorial será o período de um sinal. Esta medida em essência quantifica a repetibilidade de um sinal, a menor parcela de tempo correspondente a um ciclo. Primeiro, vamos diminuir o zoom do gráfico para obter uma visão geral do sinal.

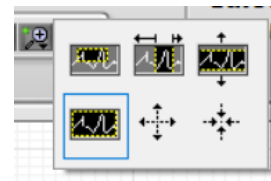


fig. 2.7 -

Ao final, deveremos ter um gráfico como o abaixo:

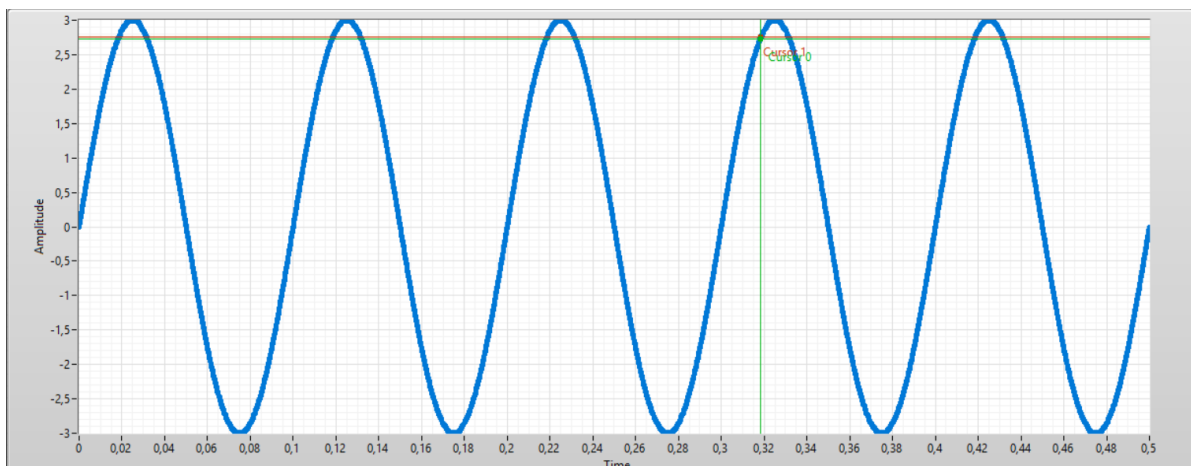


fig. 2.8 -

Feito isso, basta medirmos dois pares de pontos em ciclos adjacentes que tenham os mesmos valores de tensão e derivadas para encontrarmos numericamente um valor para o período. Novamente, utilizaremos os cursores para tal. Tomando-se as figuras abaixo como referência, percebe-se que um ciclo possui por volta de 100.28ms ou aproximadamente 9.97Hz, um valor com apenas 0.3% de erro em relação ao esperado.

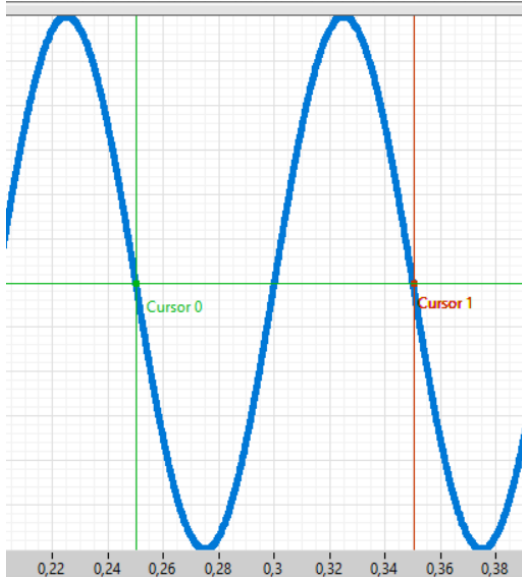


Fig. 2.9 -

| Cursors: | X | Y |
|----------|--------------|---------------|
| Cursor 0 | 0,2502299908 | -0,0071599045 |
| Cursor 1 | 0,3505059798 | -0,0071599045 |

Fig. 2.10 -

2.4 Exercício

Abra o arquivo [ex2.vi] e execute-o, siga as instruções da tela e complete o exercício.

2.5 Limitações da Inspeção Visual

Feito o exercício acima, devem ter sido encontradas algumas dificuldades nas perguntas 3 e 4. A análise de um sinal ideal é de certo modo um problema trivial. Porém, quando surgem problemas com o sinal analisado, como ruídos, a análise pode se tornar uma tarefa cansativa e até mesmo impossível de ser realizada pelo olho humano. Para tal tarefa será desenvolvido um programa em LabVIEW que possa automatizar as medições do sinal. Ao longo desse desenvolvimento, veremos que surgem inúmeros problemas ao olharmos para o problema de aquisição de dados com um pouco mais de cautela.

3 Medições Automatizadas

Abra novamente o programa [pr1.vi] e abra seu diagrama de blocos. Na área designada “Signal Measurement & Analysis” construiremos os blocos necessários para análise do sinal.

Primeiramente crie um laço “For” na área e conecte o sinal de saída “XY Data” para o laço como na figura abaixo:

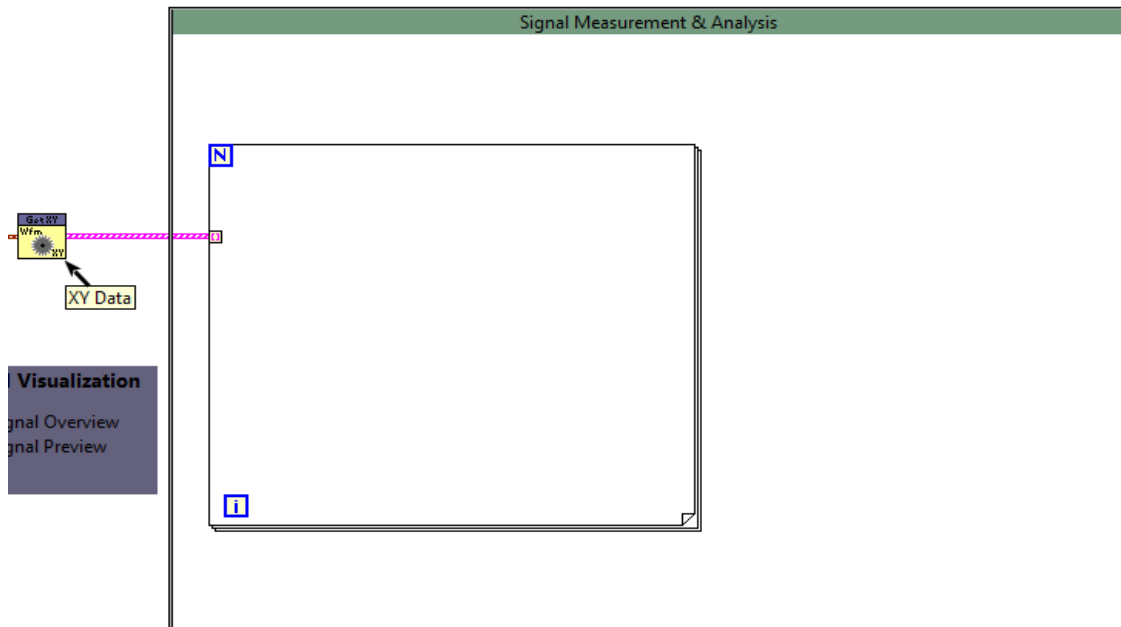


fig. 3.1

Com isso temos acesso dentro do laço acesso a cada elemento do vetor XY individualmente, com os quais trabalharemos numericamente. Em seguida, vamos agora separar os pontos do vetor XY de modo a obter acesso separadamente a ambas parcelas X e Y. Para tal siga os passos abaixo:

- Crie dentro do laço um bloco “Unbundle by Name” (na aba “Cluster Class & Variant”)
- Arraste sua borda inferior para aumentar o número de saídas para duas
- Conecte o sinal que entra no laço ao bloco criado
- Clique com o botão esquerdo na região Yo inferior para abrir o menu de opções e selecione Xo

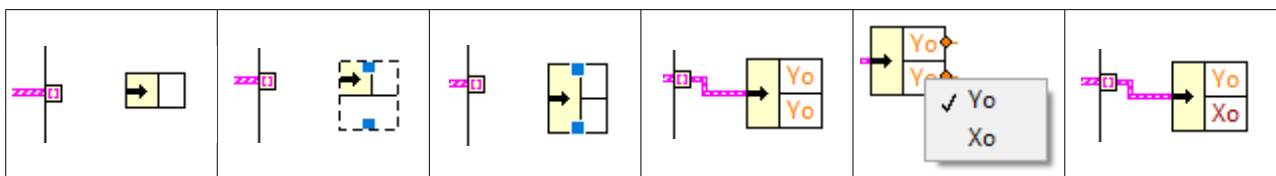


Fig. 3.2 -

Feito isso estamos prontos para realizar operações algébricas para obter as medições desejadas.

3.1 Taxa de Amostragem

Assim como realizado anteriormente na etapa de análise por inspeção visual, a taxa de amostragem de um vetor é dada pelo menor intervalo temporal médio entre as amostras. Assim, basta subtrair as posições X_o de elementos adjacentes do vetor. Para fazer isso devemos realizar os seguintes passos:

- Conecte o sinal X_o na outra borda do laço
- Clique no túnel com o botão direito e selecione “Replace with Shift Register”
- Clique com o botão esquerdo na borda esquerda do laço para completar a criação do “Shift Register”

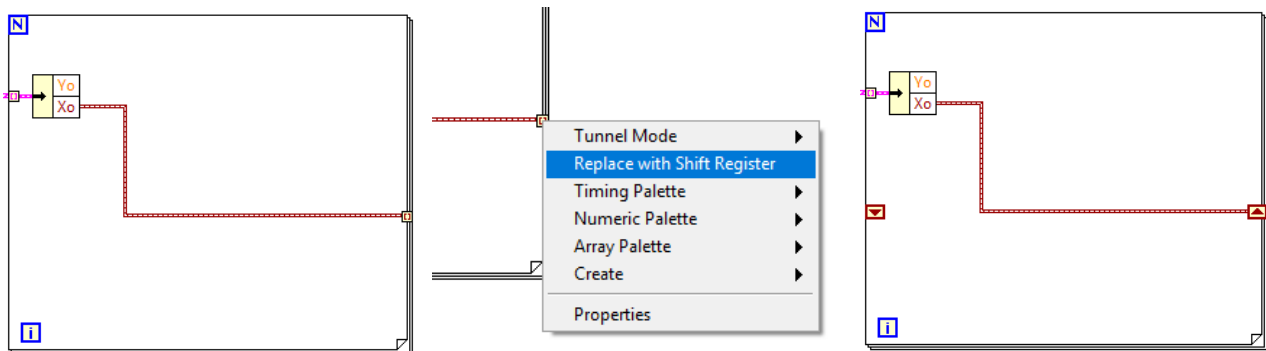


Fig. 3.3 -

Terminada essa operação teremos acesso ao elemento X_o do instante K e do instante $K-1$, como na figura ao lado. Como $K > 0$, devemos criar uma constante que inicializa o valor de $X_o[K-1]$ quando $K=0$. Além disso segundo o que vimos no item 2.1, devemos subtrair $X_o[K]$ de $X_o[K-1]$.

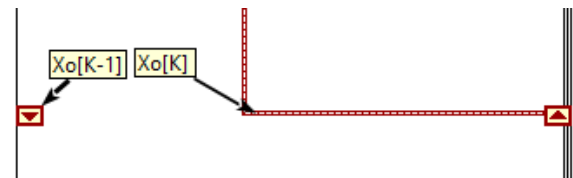


fig. 3.4 -

- Clique com o botão direito no “Shift Register” esquerdo e selecione create>constant
- Crie um bloco de subtração
- Conecte o sinal X_o na

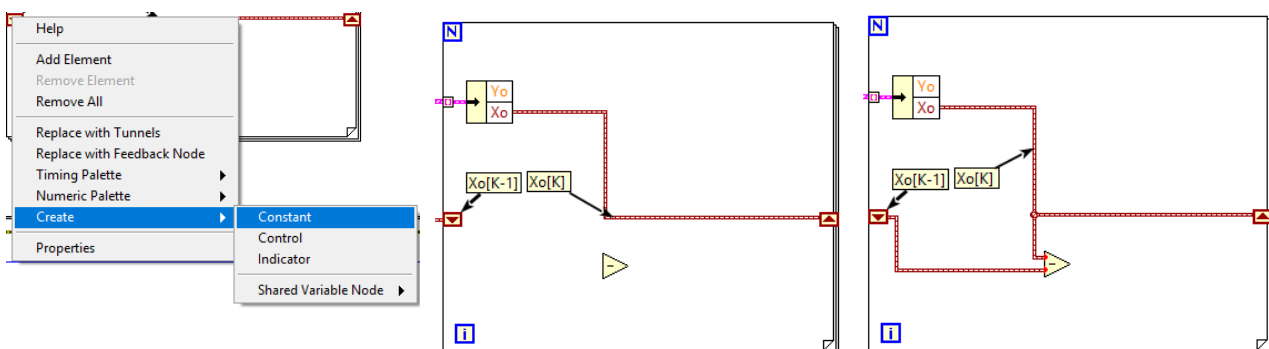


Fig. 3.5 -

Para visualizarmos os resultados calculados devemos criar um vetor de saída do laço e coletar qual seu valor mínimo, o qual deverá corresponder a nossa taxa de amostragem. Como é mais compreensível a leitura e dimensionamento dos valores em frequência, aplicaremos fórmula $f=1/\Delta t$ para traduzir os valores do domínio do tempo para domínio da frequência.

- Conecte a saída do subtrator à borda direita do laço. Note que o túnel de saída estará em modo de indexação, de modo a que a saída do laço será também um vetor.
- Crie o bloco “Array Max & Min” (na aba “Array”) e o bloco “Reciprocal” (na aba “Numeric”).
- Conecte o vetor de saída do laço à entrada do primeiro bloco; a saída “min value” ao bloco 1/x; Clique na saída do bloco “Reciprocal” com o botão direito e selecione create>indicator

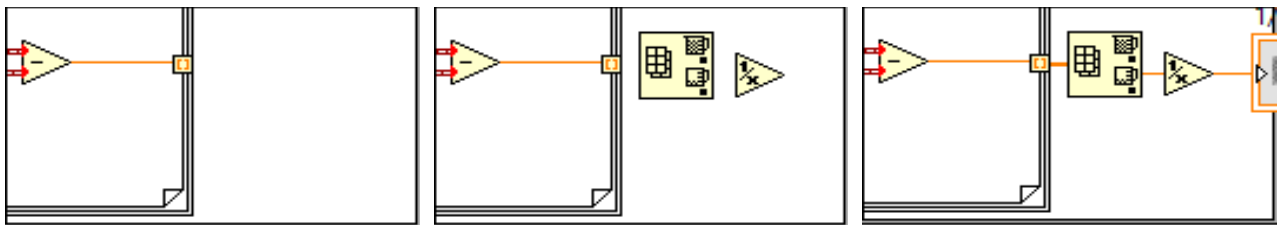


Fig. 3.6 -

Com isso, arraste o indicador criado no painel frontal a um lugar adequado e execute o programa.

Note que o valor obtido não é exatamente o esperado. Perceba que na primeira amostra do vetor utilizado, subtraímos dois valores nulos, o que resulta em 0 como a resposta mínima dentro do vetor. Para que o comportamento do VI seja o esperado, deveremos adicionar ao vetor de saída do laço apenas os valores não nulos. Para tal:

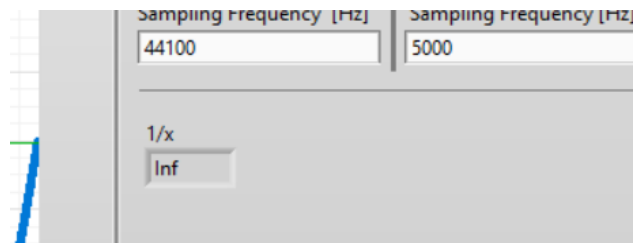


fig. 3.7 -

- Clique com o botão direito sobre o túnel de saída e selecione Tunnel Mode>Conditional
- Crie um bloco de comparação “Greater?” (na aba “Comparison”).
- Conecte a subtração ao terminal superior do comparador e a saída do comparador ao terminal condicional do túnel de saída.
- Crie uma constante no terminal inferior do bloco de comparação e mude seu valor para 1e-13.

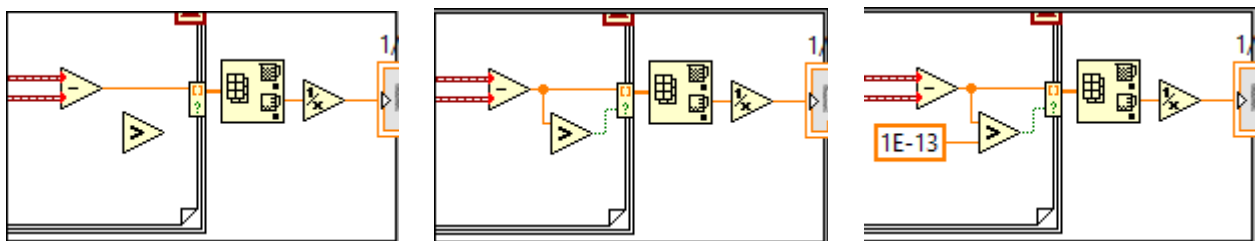


Fig. 3.8 -

Pronto! Execute o programa e veja que o valor é o esperado, exatamente aquele selecionado na configuração do ADC. Tente mudar os valores e verifique que o programa funciona.

3.2 Quantização

Do mesmo modo que fizemos com a taxa de amostragem, criaremos o par de “Shift Registers”, um valor inicial, e efetuaremos a subtração dos valores de $Y_o[K]$ e $Y_o[K-1]$; de modo a que ao final tenhamos o seguinte diagrama de blocos:

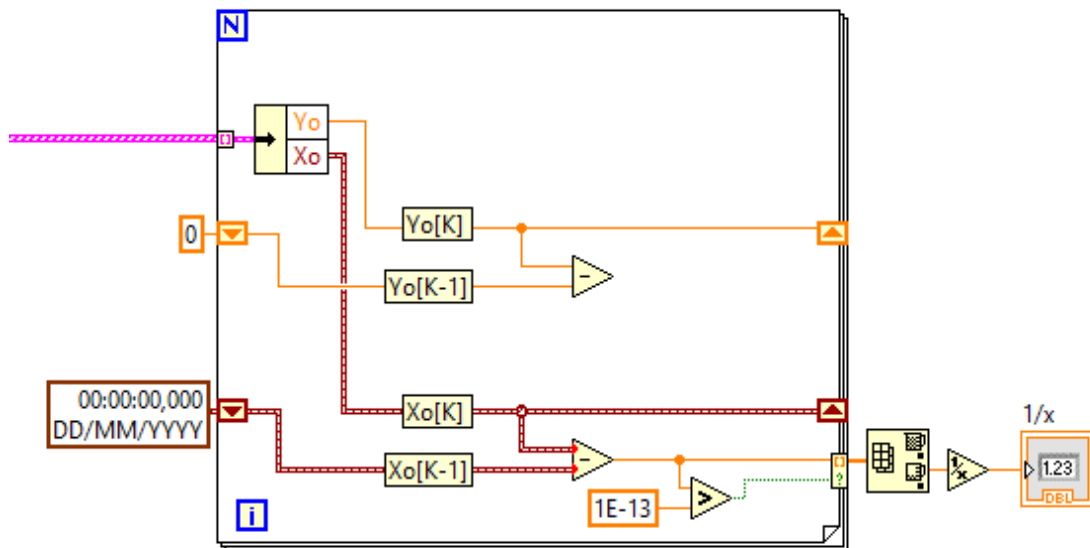


fig. 3.9 -

Com isso temos a subtração da posição em Y de dois elementos adjacentes do vetor de dados XY. Diferentemente dos elementos em X, os elementos de Y não necessariamente estarão ordenados, de modo a que a subtração poderá ser positiva ou negativa. Contudo, para o cálculo do LSB estaremos apenas interessados no módulo da diferença. Sendo assim:

- Crie um bloco “Absolute Value” (na aba “Numeric”) e conecte a saída do subtrator à entrada desse bloco
- Conecte a saída do bloco “Absolute Value” à borda do laço e configure o túnel para que seja condicional
- Crie um bloco comparador como foi realizado no item anterior, conecte a saída do bloco “Absolute Value” ao terminal superior do comparador, a saída do comparador ao terminal condicional e finalmente crie uma constante no terminal inferior do comparador com valor $1e-13$

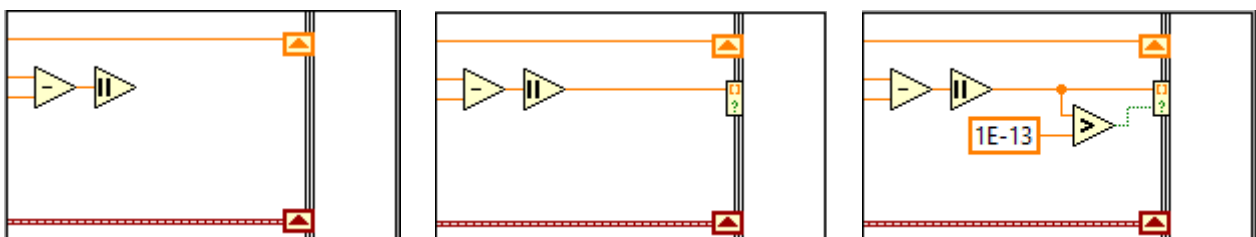


Fig. 3.10 -

Feito isso basta encontrarmos no vetor de saída Y qual o valor mínimo entre os seus elementos, e este valor deverá corresponder ao LSB esperado. Note que é necessário que seja encontrado o menor valor entre os valores do vetor Y. Essa ação é necessária pois dependendo das quedas ou subidas de tensão do sinal, podem ocorrer saltos de mais de 1 LSB dentro do intervalo de aquisição do ADC, como mostra a figura abaixo:

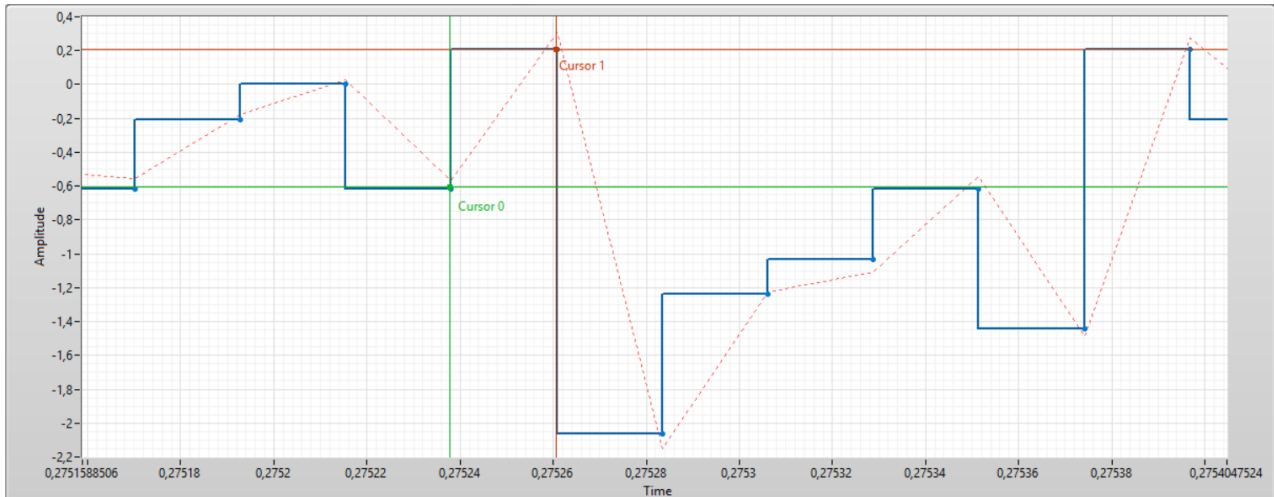


fig. 3.11 -

Esse detalhe, aparentemente trivial, é muito importante e será tópico de discussão mais detalhado no final desse tutorial. Por enquanto realizaremos as seguintes ações:

- Crie, como realizado para a taxa de aquisição, um bloco “Array Max & Min” e conecte o vetor de saída do laço à sua entrada.
- Clique com o botão direito no terminal “min value” e selecione create>indicator para criar um indicador próprio para o LSB.
- Para que possamos diferenciar o indicador do LSB e o da Taxa de Amostragem, dê um duplo clique no nome do indicador e mude-o para um nome apropriado.

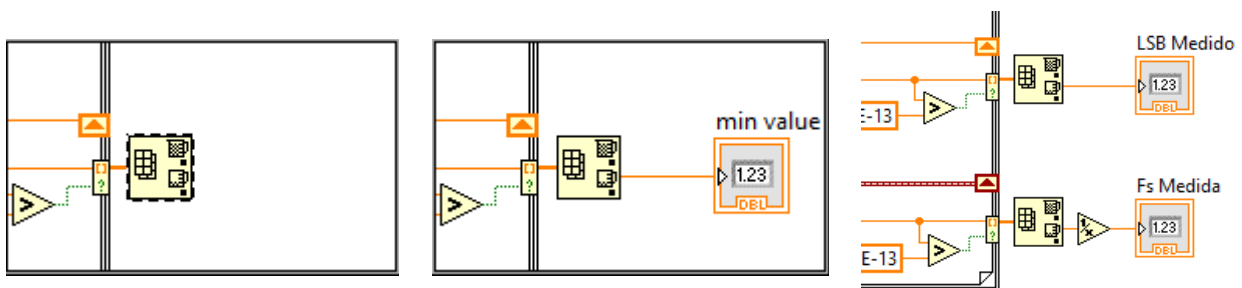


Fig. 3.12 -

Pronto! Execute o programa e veja os valores medidos do LSB mudarem de acordo com a mudança tanto do fundo de escala quanto da resolução do ADC. Teste o programa com algumas das ondas que podem ser geradas e perceba o comportamento do programa!

3.3 Período

Como último passo para completarmos nosso programa atacaremos o problema do período. O modo como desenvolveremos esse problema é quase idêntico ao modo como a função “Trigger” dos Osciloscópios funcionam. Do mesmo modo que fizemos na inspeção visual, nosso objetivo é adquirir dois pontos cujos valores sejam similares a um patamar pré-determinado, “Trigger Value”, e cujas derivadas sejam de mesmo sinal.

A primeira parte do algoritmo desenvolvido acima necessita que comparemos nosso par de pontos adjacentes a um patamar determinado. Para tal:

- Crie uma constante “DBL Numeric” (na aba “Numeric”) e conectá-la à borda esquerda do laço “For”.
- Conecte, como feito no item anterior, o sinal Yo à borda esquerda do laço, clique com o botão direito no túnel recém-criado, mude-o para um “Shift Register” e, por fim, crie uma constante no “Shift Register” da borda esquerda do laço.
- Crie os blocos de comparação “Greater?” e “Less Or Equal?” (na aba “Comparison”). Conecte a constante criada no primeiro passo ao terminal superior de ambos os blocos. Conecte o sinal Yo[K]

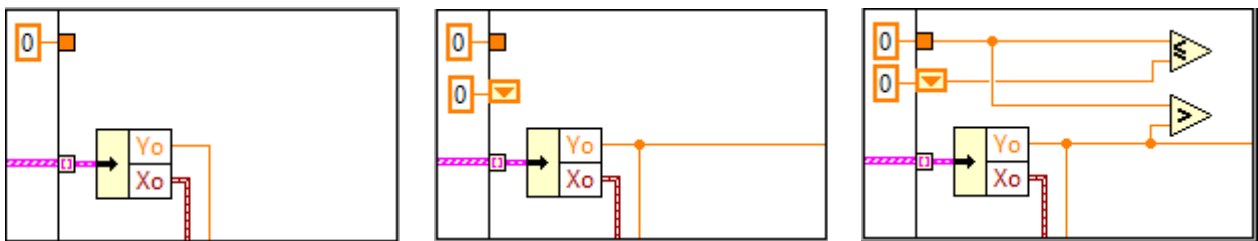


Fig. 3.13 -

Feito isso, nosso programa compara a amostra atual e a anterior a uma constante, de valor 0, verificando se a amostra atual é maior do que 0 e se a amostra anterior é menor ou igual a 0. Satisfeitas as duas condições temos um ponto que cruza o valor 0 de derivada é positiva. Gostaríamos que fossem adicionadas ao vetor de saída somente amostras que cumpram ambos condicionais acima. Deste modo:

- Conecte o sinal Xo à borda direita do laço e modifique o túnel para que seja condicional.
- Crie um bloco “And” (na aba “Boolean”), conecte os dois blocos de comparação previamente criados ao bloco “And” e, por fim, conecte a saída do bloco “And” ao terminal condicional

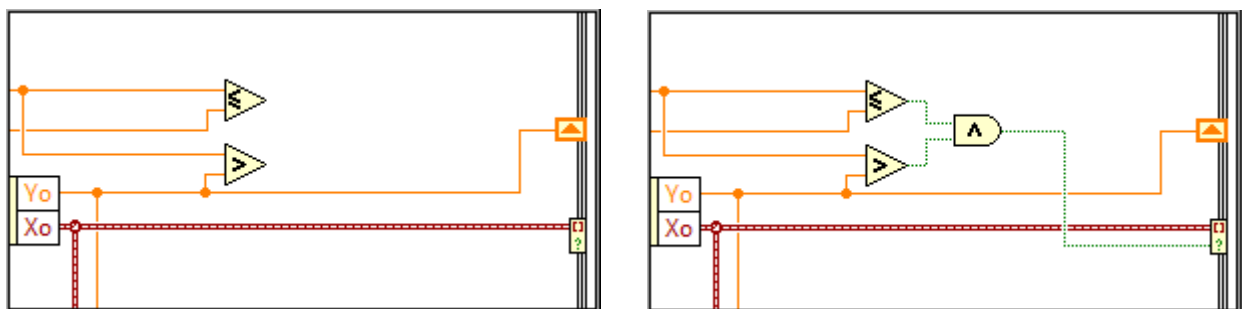


Fig. 3.14 -

O vetor de saída será composto apenas por amostras que cruzam o eixo Y no valor desejado e que possuam derivada positiva, “Rising Edge”. Criaremos agora dois vetores de dados deslocados de uma amostra e aplicaremos a operação de subtração neles para obter um vetor de diferenças. Deste último procuraremos pelo maior valor, correspondente ao período de menor frequência do sinal.

- Crie o bloco “Array Size” (na aba “Array”) e o bloco “Decrement” (na aba “Numeric”), conecte a saída do laço ao primeiro bloco e a saída deste ao bloco “Decrement”. Com isso o valor na saída do bloco “Decrement” corresponderá ao valor N-1 para um vetor de tamanho N.
- Crie dois blocos “Array Subset” e um bloco “Subtract” (na aba “Numeric”). Conecte o vetor aos terminais “array” dos dois blocos “Array Subset”. Conecte a saída do bloco “Decrement” ao terminal “length” do bloco inferior e crie uma constante de valor 1 no terminal “index” do bloco superior. Por fim, conecte as saídas dos blocos “Array Subset” ao bloco de subtração.
- Crie um bloco “Array Max & Min” (na aba “Array”) e um bloco “Reciprocal” (na aba “Numeric”). Conecte a saída do subtrator ao bloco “Array Max & Min”. Conecte o terminal “max value” desse bloco ao bloco “Reciprocal” e, por fim, crie um indicador para que possamos visualizar os valores obtidos.

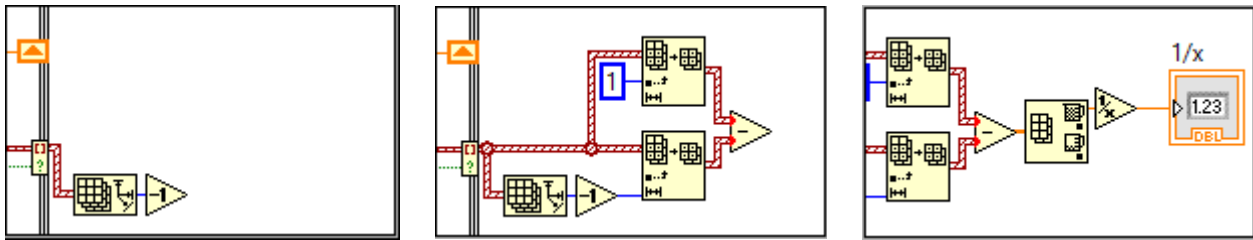


Fig. 3.15 -

Com isso, todas as operações necessárias para o cálculo do período de um sinal foram completadas e nosso programa está pronto para ser testado. Mude o nome do indicador e arraste-o no painel frontal a uma posição adequada. Feito isso execute o programa e veja seu desempenho!

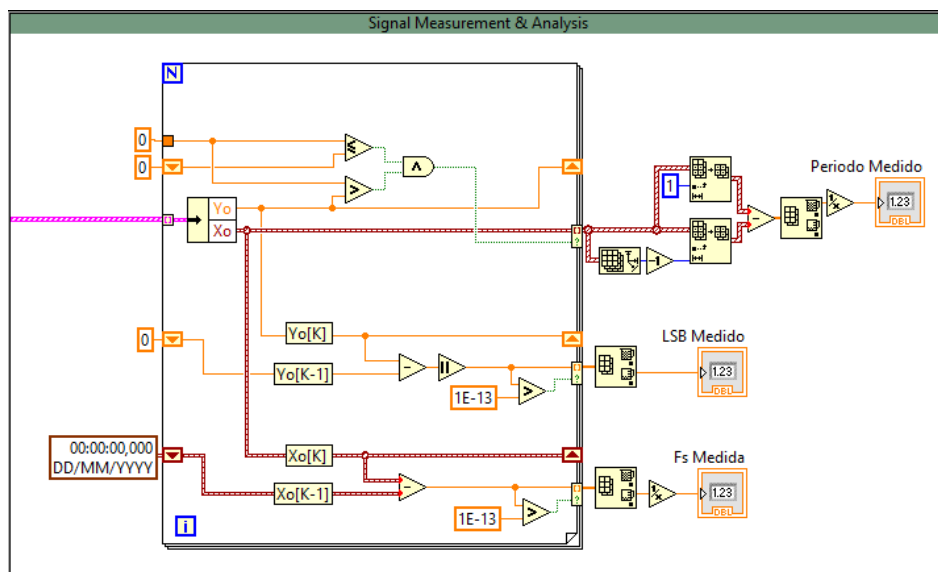


fig. 3.16 -

4 Conclusão do Programa

Até agora todos os sinais analisados consistiam em modelos matemáticos ideais, ondas senoidais, quadradas, trapezoidais e triangulares perfeitas. Tal direcionamento foi dado a fim de se introduzir certas noções e conceitos. No mundo real, os sinais adquiridos serão dotados de ruídos, distorções das mais diversas entre outros complicantes. Na conclusão do tutorial vamos verificar qual a aparência de um sinal advindo de uma nota musical e qual o comportamento de nosso programa frente a um sinal mais complexo.

Execute o VI construído até agora e certifique-se de está funcionando normalmente. Configure o sinal criado e o ADC para que tenham os seguintes valores:

| | | | |
|-----------------------|----------|--------------------------|----------|
| – Signal Type: | Sine | – Resolution: | 8 bits |
| – Signal Amplitude: | 0.1 V | – $V_{\text{supply}+}$: | +0.1 V |
| – Signal Frequency: | 440 Hz | – $V_{\text{supply}-}$: | -0.1 V |
| – Sampling Frequency: | 44100 Hz | – Sampling Frequency: | 44100 Hz |

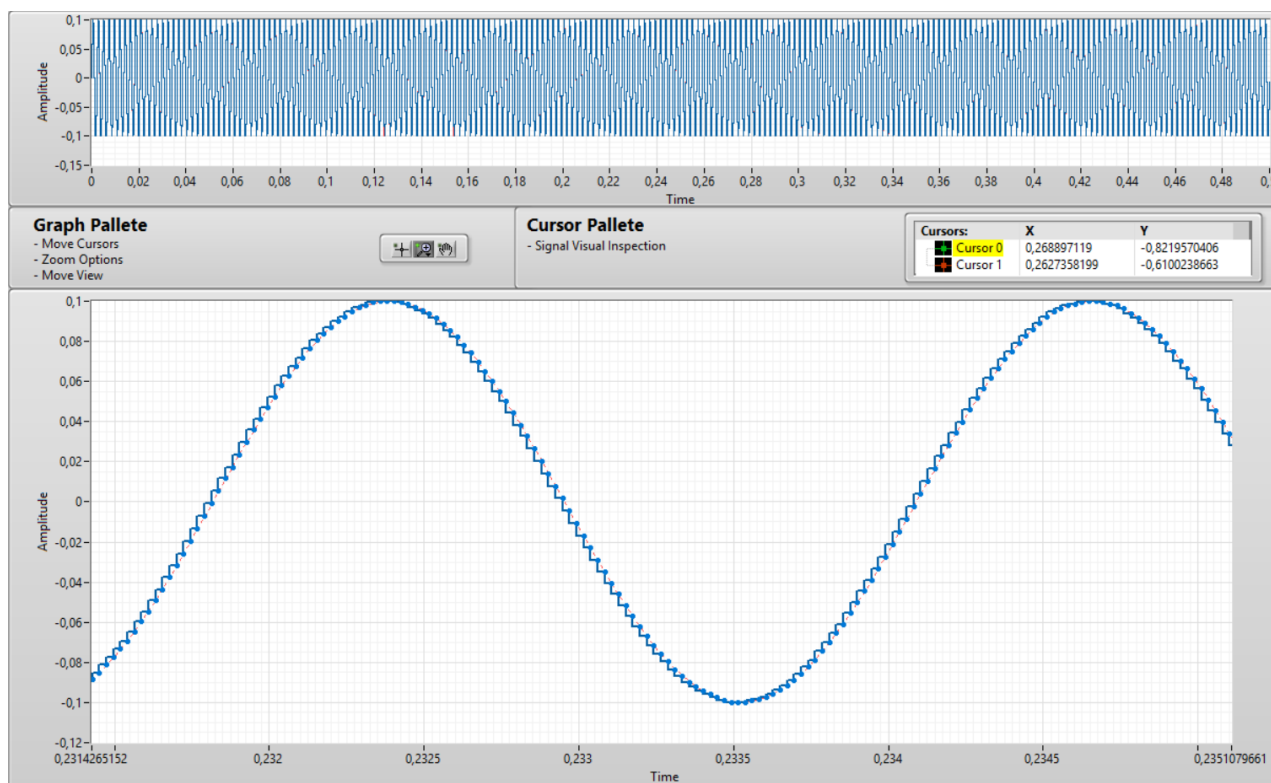


fig. 4.1 -

Feito isso, vamos testar se o dispositivo de áudio foi inicializado corretamente. Dê um clique com o botão esquerdo do mouse no botão “Play” e tente ouvir a nota produzida. Mude individualmente parâmetros como a resolução do ADC, sua taxa de amostragem e a amplitude do sinal para ver quais os efeitos no som resultante.

Projeto de Análise de Ondas I

Feito isso, volte os valores dos controles aos mencionados previamente e aperte o botão “Import File” e selecione o arquivo “Note Violin 1”, nele temos um trecho de uma nota produzida por um violino. Selecione uma porção do sinal importado que tenha mais ou menos 20ms. Nessa faixa de valores deveremos ter um gráfico como o seguinte:

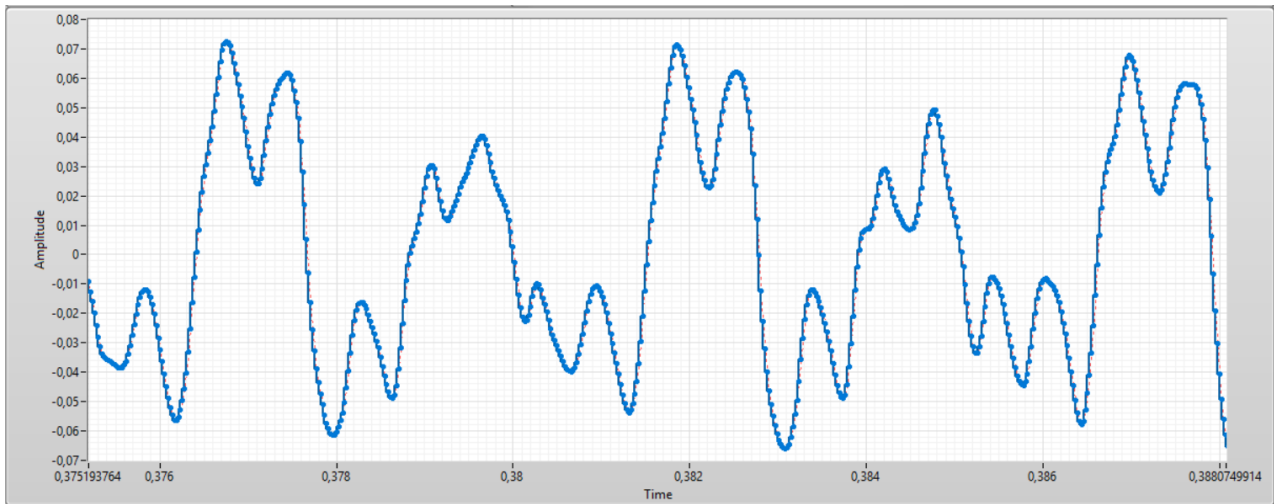


fig. 4.2 -

Perceba que nosso ADC tem a capacidade de adquirir o sinal com destreza. Primeiramente note que o sinal não é uma senoide, mas sim um conjunto de senoides somadas. Veremos com mais calma essa noção na aula 3 do laboratório. Por enquanto, basta que seja reconhecida a limitação clara do nosso algoritmo para identificação do período.

Em um segundo momento, aperte o botão “Play” novamente e preste atenção no som produzido. Repare que de fato, o conjunto aparentemente arbitrário de pontos de tensão formam um som de um violino. Como visto anteriormente, o botão “Play” reproduz o sinal em azul, o qual nós podemos modificar por meio dos parâmetros do ADC.

Projeto de Análise de Ondas I

A seguir faremos algumas modificações nos parâmetros que definem nosso ADC a fim de averiguar seus impactos em um sinal real:

1. Em uma situação de mundo real, não é plausível fornecer a um ADC tensões de alimentação da ordem de 100mV, uma vez que nessa faixa de valores de tensão, ruídos por conta de tensões parasitárias são consideráveis. Sendo assim, mude-o para valores mais adequados, da ordem de 5~12V. Perceba que ao mudarmos a tensão do fundo de escala, nosso LSB aumenta de forma considerável. De modo a que o sinal, antes representado de forma adequada, mostra agora muitas distorções.

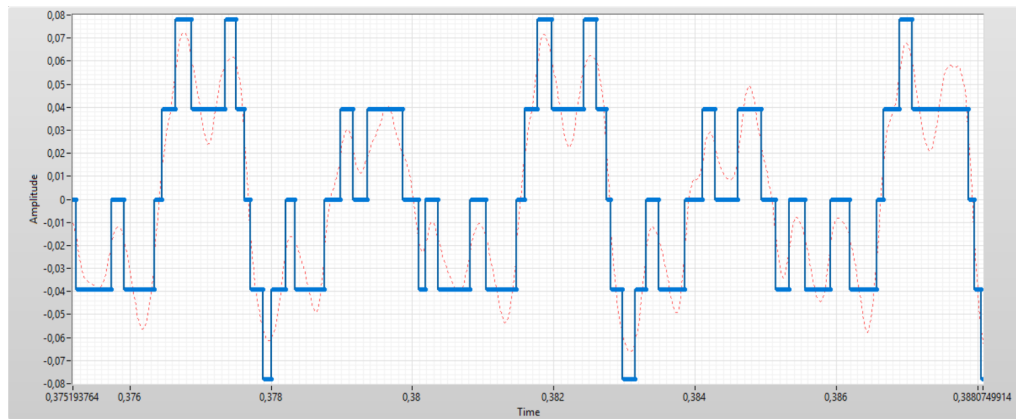


fig. 4.3 -

2. Em seguida, vamos verificar qual o comportamento de nosso algoritmo para medição de LSB em relação aos valores calculados. Note que o LSB é uma medida fixa, com equação definida. Contudo, a depender do sinal medido pelo ADC, a menor variação percebida pelo ADC nem sempre corresponde ao LSB, e essa informação pode vir a ser útil ao projetista do sistema de aquisição. Levando esse fato em consideração, temos duas situações em que esse fenômeno ocorre.

- (a) Resoluções Baixas: Nesta situação, das duas a mais fácil de se compreender, o LSB é maior do que a amplitude do sinal. De modo a que o sinal adquirido é “percebido” pelo ADC, como na figura abaixo:

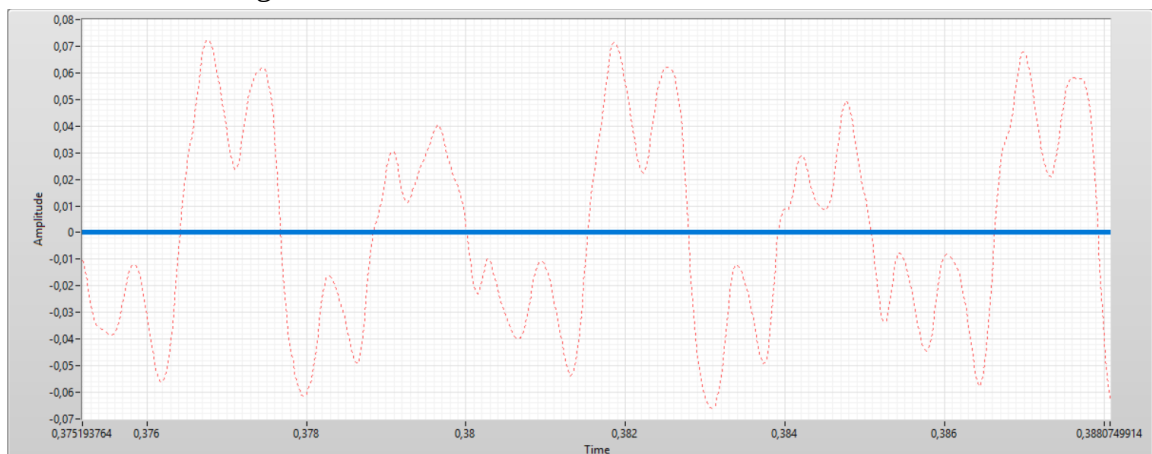


Fig. 4.4 -

- (b) Resoluções Altas: Nesta situação, o aumento da resolução não gera resultados expressivos na aquisição do sinal, de modo a que a variação mínima percebida pelo ADC torna-se um múltiplo inteiro do LSB. Para verificar essa situação, aumente a resolução até que o LSB medido não mude de valor. No caso do sinal importado, essa saturação deverá ocorrer de 23bits para 24bits. Conforme aumentamos a resolução a razão entre variação mínima do sinal e LSB cresce exponencialmente.

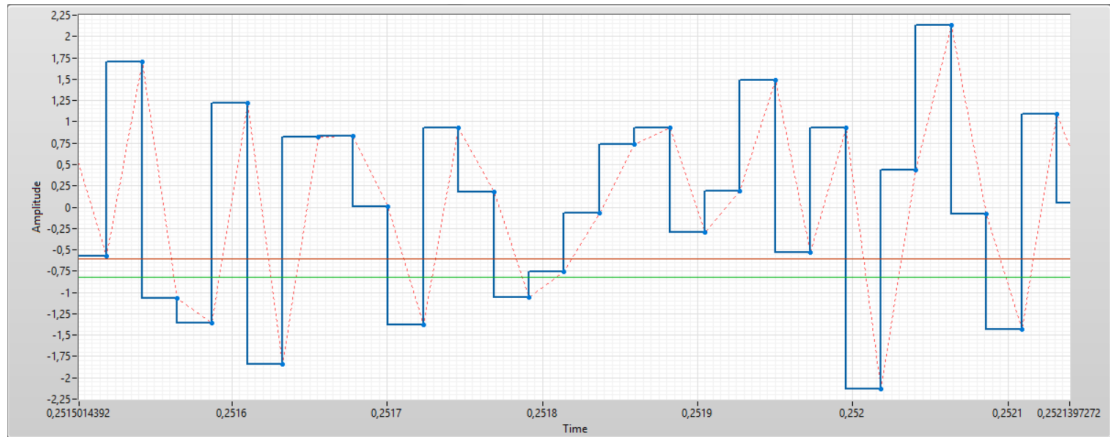


fig. 4.5 -

Um modo de se compreender esse fenômeno é por meio da figura acima. Perceba que a variação mínima entre dois pontos adjacentes é dada, em uma análise mais aprofundada, não só pelo LSB, mas também pela frequência de aquisição do ADC e pela fase do sinal. A explicação das causas desse fenômeno fogem ao escopo do tutorial, contudo, como um experimento para que essa última consideração fique mais clara, realize o seguinte procedimento:

– Mude os valores dos controles para os seguintes:

| | | | |
|-----------------------|-------------|--------------------------|---------|
| – Signal Type: | White Noise | – Resolution: | 8 bits |
| – Signal Amplitude: | 1 V | – $V_{\text{supply}+}$: | +5 V |
| – Signal Frequency: | 250 Hz | – $V_{\text{supply}-}$: | -5 V |
| – Sampling Frequency: | 44100 Hz | – Sampling Frequency: | 1000 Hz |

– Perceba que o LSB medido, ou seja, a menor variação percebida no sinal discretizado coincide com o LSB calculado. Aumente gradualmente a resolução do ADC até que o LSB medido não seja mais igual ao calculado, em torno de 10bits. Aumente a Resolução para 16bits e meça qual a razão entre LSB medido e LSB calculado.

– Aumente agora o valor da frequência de amostragem do ADC para 44100 Hz e veja o que ocorre com a razão calculada.

4.1 Exercícios Complementares